

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-38363

(43)公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51)Int.Cl.⁸

G 0 2 B 27/28

識別記号

F I

G 0 2 B 27/28

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-208620

(22)出願日 平成9年(1997) 7月17日

(71)出願人 00023/721

富士電気化学株式会社
東京都港区新橋5丁目36番11号

(72)発明者 佐原 健司

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(72)発明者 井村 智和

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(72)発明者 児島 功

東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(74)代理人 弁理士 茂見 穰

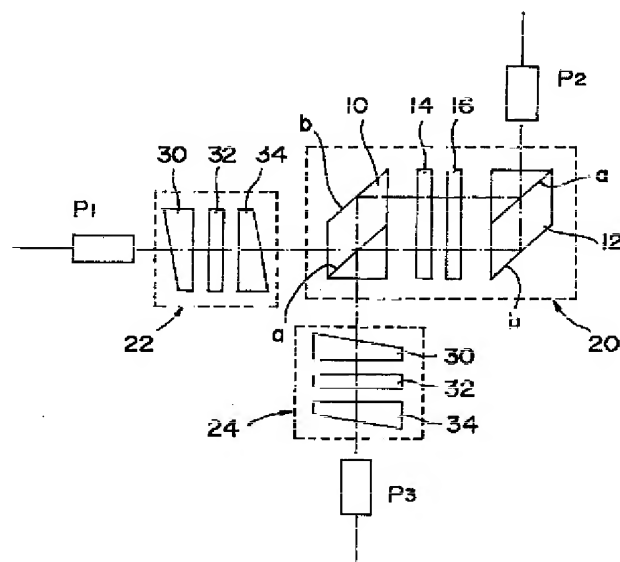
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3ポート型光サーキュレータ

(57)【要約】

【課題】 消光比の低い偏光プリズムを使用しても、高アイソレーション特性を実現できるようにする。

【解決手段】 内部に偏光分離膜aを有すると共にそれと平行に反射膜bを設けた第1及び第2の偏光プリズム10、12の間に、45度ファラデー回転子14と、1／2波長板16とを配置し、第1のポートP₁からの出射光が第2のポートP₂に結合し、第2のポートからの出射光が第3のポートP₃に結合する3ポート型光サーキュレータである。第1のポートと第1の偏光プリズムとの間に、楔型複屈折板からなる偏光子30と45度ファラデー回転子32と楔型複屈折板からなる検光子34とを、その順序で配列した光アイソレータユニット22を配置する。更に第1の偏光プリズムと第3のポートとの間にも、同様の光アイソレータユニットを組み込んでよい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内部に偏光分離膜を有すると共にそれと平行に反射膜を設けた第1及び第2の偏光プリズムの間に、45度ファラデー回転子と、1/2波長板とを配置し、第1のポートからの出射光が第1の偏光プリズムへ入射して、第2の偏光プリズムからの出射光が第2のポートに結合し、該第2のポートからの出射光が第2の偏光プリズムへ入射して、第1の偏光プリズムからの出射光が第3のポートに結合する3ポート型光サーキュレータにおいて、

第1のポートと第1の偏光プリズムとの間に、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子とを、その順序で配列した光アイソレータユニットを配置したことを特徴とする3ポート型光サーキュレータ。

【請求項2】 第1の偏光プリズムと第3のポートとの間に、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子とを、その順序で配列した光アイソレータユニットを配置した請求項1記載の3ポート型光サーキュレータ。

【請求項3】 光アイソレータユニットが、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子と偏波分散補償用の平行平板型複屈折板を、その順序で配列した構造である請求項1又は2記載の3ポート型光サーキュレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、2個の複合偏光プリズム（偏光ビームスプリッタ）の間に45度ファラデー回転子と1/2波長板とを配置し、第1のポートからの出射光が第2のポートに結合し、第2のポートの出射光が第3のポートに結合する光サーキュレータに関するものであり、更に詳しく述べると、第1のポートと第1の偏光プリズムとの間に光アイソレータユニットを配置した3ポート型光サーキュレータに関するものである。この光サーキュレータは、例えば光通信用の分野における双方向通信やデータリンクなどに有用である。

【0002】

【従来の技術】光サーキュレータは、あるポートからの入射光を特定方向の別のポートのみに出射する機能をもつ多ポート受動非相反素子である。従来公知の光サーキュレータとしては、例えば図7に示す構造がある。これは第1の偏光プリズム10と第2の偏光プリズム12との間に、45度ファラデー回転子14と1/2波長板16とを配置した構成である（例えば、特公昭60-49887号公報参照）。両偏光プリズム10、12は、それぞれ内部に偏光分離膜aを挟むように直角三角形プリズムと平行四辺形プリズムを接合し、前記偏光分離膜aと平行に反射膜bを設けた構造である。

【0003】第1のポートP₁から出射した光は第1の

偏光プリズム10に入射し、偏光分離膜aによってP偏光とS偏光とに分離する。P偏光は、偏光分離膜aを通過する。S偏光は、偏光分離膜aで反射して、反射膜bで全反射する。これによってP偏光とS偏光とは互いに平行になり、それぞれファラデー回転子14と1/2波長板16とに入射する。このときP偏光はP偏光、S偏光はS偏光のままである。P偏光は第2の偏光プリズム12の反射膜bで全反射し、偏光分離膜aでS偏光と再結合して第2のポートP₂に結合する。

【0004】第2のポートP₂からの出射光は、第2の偏光プリズム12に入射し、偏光分離膜aによってP偏光とS偏光とに分離する。P偏光は、偏光分離膜aを通過して、反射膜bで全反射する。S偏光は、偏光分離膜aで反射する。これによってP偏光とS偏光とは互いに平行になり、それぞれ1/2波長板16とファラデー回転子14とに入射する。このとき45度ずつ同方向に偏光面が回転するため、P偏光はS偏光に、S偏光はP偏光に変換され、第1のプリズム10に至る。そしてP偏光は第1の偏光プリズム10の反射膜bで全反射し、偏光分離膜aでS偏光と再結合して第3のポートP₃に結合する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような構造の光サーキュレータでは、第1及び第2の偏光プリズム内の偏光分離膜でP偏光が反射する成分が多いため、該偏光プリズムの消光比によってアイソレーションが決定されてしまう。そのため、従来技術におけるアイソレーションは、せいぜい28～30dB程度であり、それ以上に高アイソレーション化することは困難であった。しかし、最近の光通信などの分野での使用では、より一層高アイソレーションの光サーキュレータが望まれている。

【0006】本発明の目的は、消光比の低い偏光プリズムを使用しても、高アイソレーション特性を実現できる3ポート型光サーキュレータを提供することである。また本発明の他の目的は、低挿入損失、低偏光依存性、低クロストーク特性を呈する3ポート型光サーキュレータを提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、内部に偏光分離膜を有すると共にそれと平行に反射膜を設けた第1及び第2の偏光プリズムの間に、45度ファラデー回転子と、1/2波長板とを配置し、第1のポートからの出射光が第1の偏光プリズムへ入射して、第2の偏光プリズムからの出射光が第2のポートに結合し、該第2のポートからの第2の偏光プリズムへ入射して、第1の偏光プリズムからの出射光が第3のポートに結合する3ポート型光サーキュレータである。ここで、第1のポートと第1の偏光プリズムとの間に、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子とを、その順序で配列した光アイソレータユニット

を配置しており、この点に本発明の特徴がある。

【0008】第1の偏光プリズムに隣接した第1のポートに、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子とを、その順序で配列した光アイソレータユニットを配置すると、光サーキュレータ本体を構成する各光学部品（即ち、第1の偏光プリズム、ファラデー回転子、1/2波長板、第2の偏光プリズムなど）で発生する漏れ光成分を取り除くことができ、それによって高アイソレーションが得られる。

【0009】また本発明では、上記構成に加えて、更に第1の偏光プリズムと第3のポートとの間にも、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子とを、その順序で配列した光アイソレータユニットを配置してもよい。この構成は、第3のポートでの反射戻り光が第1のポートに結合するのを、より確実に防止できる。

【0010】上記の3ポート型光サーキュレータに組み込む光アイソレータユニットとしては、楔型複屈折板からなる偏光子と45度ファラデー回転子と楔型複屈折板からなる検光子の他に、偏波分散補償用の平行平板型複屈折板を、その順序で配列した構造が好ましい。この構成では、所望の板厚の平行平板型複屈折板を配置することで、偏光子及び検光子によって発生する常光と異常光とによる偏波分散を無くすることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】光サーキュレータ本体に組み込む複合偏光プリズム（偏光ビームスプリッタ）は、偏光分離膜を介して直角三角プリズムと平行四辺形プリズムを接合した構造でもよいし、偏光分離膜を介して2個の平行四辺形プリズムを接合した構造でもよい。特に後者の複合偏光プリズムを用いると、並列対向型光サーキュレータを実現でき、第1のポートと第3のポートとで光ファイバを同一方向に引き出せるため、装置を小型化、細径化できる利点がある。光アイソレータユニットに組み込む偏光子及び検光子としては、例えばテーパー状のルチル単結晶を用いる。

【0012】各ポートは、それぞれ光ファイバとフェルルール、及びその先端に位置するコリメートレンズなどから構成される。そして、実際には、光サーキュレータ本体と光アイソレータユニットを筐体内に収容し、筐体側壁に各ポートを設けて、3ポート型光サーキュレータを組み立てる。

【0013】

【実施例】図1は本発明に係る3ポート型光サーキュレータの一実施例を示す説明図であり、図2及び図3はその動作説明図である。この光サーキュレータは、光サーキュレータ本体20と、2個の光アイソレータユニット22、24との組み合わせからなる。

【0014】光サーキュレータ本体20は、基本的には

従来同様、第1の偏光プリズム10と第2の偏光プリズム12との間に、45度ファラデー回転子14と1/2波長板16とを配置した構成である。両偏光プリズム10、12は、偏光分離膜aを介して直角三角プリズムと平行四辺形プリズムを接合し、偏光分離膜aと平行に反射膜bを設けた構造である。第1のポートP₁と第1の偏光プリズム10との間に第1の光アイソレータユニット22を組み込み、第1の偏光プリズム10と第3のポートP₃との間に第2の光アイソレータユニット24を組み込む。第2の偏光プリズム12側には第2のポートP₂を配置する。これらは筐体（図示せず）内に組み付けられる。ここで第1のポートP₁は出射専用ポートであり、第2のポートP₂は入出射ポートであり、第3のポートP₃は入射専用ポートである。なお各ポートは、光ファイバとフェルルール及びコリメータレンズなどから構成され、筐体に取り付けられる。

【0015】前記第1の光アイソレータユニット22と第2の光アイソレータユニット24は同一構成でよく、いずれも楔型複屈折板からなる偏光子30と45度ファラデー回転子32と楔型複屈折板からなる検光子34とを、その順序で配列した構成である。検光子34の光学軸は、偏光子30の光学軸に対して、光線方向のまわりに45度回転したものをを用いる。第1の光アイソレータユニット22は、第1のポートP₁からの出射光に対して順方向となるように、即ち偏光子30が第1のポートP₁に対向するように設置する。第2の光アイソレータユニット24は、第3のポートP₃への入射光に対して順方向となるように、即ち検光子34が第3のポートP₃に対向するように設置する。

【0016】第1のポートP₁からの出射光は、図2のAに示すように、第2のポートP₂に結合する。第1のポートP₁からの出射光は、第1の光アイソレータユニット22の偏光子30に入射し、常光と異常光とで異なる屈折を受け、各偏光成分が分離して出射する。ファラデー回転子32にて45度回転した成分は、検光子34に入射し、各偏光は屈折して平行光となって出射する。出射した偏光成分は、光サーキュレータ本体20の第1の偏光プリズム10の偏光分離膜aにてP偏光とS偏光とに分けられ一方は透過し他方は反射する。そしてファラデー回転子14及び1/2波長板16で45度ずつ互いに逆方向に偏光面が回転するので第2の偏光プリズム12では偏光状態が変わっておらず、そのため偏光分離膜aでP偏光は透過しS偏光は反射して、第2のポートP₂のレンズを経て光ファイバに集光する。

【0017】第2のポートP₂からの出射光は、図2のBに示すように、第3のポートP₃に結合する。第2のポートP₂からの出射光は、光サーキュレータ本体20の第2の偏光プリズム12に入射し、該第2の偏光プリズム12の偏光分離膜aにてP偏光とS偏光とに分けられ一方は透過し他方は反射する。1/2波長板16及び

ファラデー回転子14で45度ずつ同方向に偏光面が回転するので、第1の偏光プリズム10に入射する時には偏光面が90度回転していることになる。つまりP偏光はS偏光に、S偏光はP偏光に変換され、そのため第1の偏光プリズム10の偏光分離膜aでP偏光は透過しS偏光は反射することから、第2の光アイソレータユニット24に向かうことになる。第1の偏光プリズム10からの出射光は、第2の光アイソレータユニット24の偏光子30に入射し、常光と異常光とで異なる屈折を受け、各偏光成分が分離して出射する。ファラデー回転子32にて45度回転した成分は、検光子34に入射し、各偏光は屈折して平行光となって出射し、第3のポートP₃でレンズを経て光ファイバに集光する。

【0018】第2のポートP₂からの出射光は、前記のように、本来、第3のポートP₃に結合する。しかし、第2の偏光プリズム12及び第1の偏光プリズム10等による漏れ光成分のうち第1のポートP₁に向かう成分は、図3に示すように、第1の光アイソレータユニット22が逆方向となるように組み込まれているために、第1のポートP₁に向かう光は阻止され光ファイバには集光しない。即ち、アイソレーションが大幅に改善され

る。また第3のポートP₃での反射戻り光は、第2の光アイソレータユニット24が逆方向となるように組み込まれているために、光サーキュレータ本体側に戻ることは無く、クロストークが低減する。

【0019】測定結果の一例を表1に示す。横の行のP₁～P₃は光が出射する側のポートを示し、縦の列のP₁～P₃は光が入射する側のポートを示す。また括弧内は従来技術（光サーキュレータ本体のみ）による測定値である。表1から、挿入損失（ポートP₁からポートP₂へ、及びポートP₂からポートP₃へ）は殆ど増加していない。それに対して、アイソレーション（ポートP₂からポートP₁へ、及びポートP₃からポートP₂へ）は大幅に改善されており、またクロストーク（ポートP₃からポートP₁へ）も大幅に改善されていることが分かる。このように、光サーキュレータ本体のアイソレーションが30dB程度でも、第1のポートP₁と第1の偏光プリズム10との間に光アイソレータユニット22を挿入することで、高アイソレーションが得られる。

【0020】

【表1】

	入射ポートP ₁	入射ポートP ₂	入射ポートP ₃
出射ポートP ₁	————	0.76dB (0.65dB)	51.8dB (51.2dB)
出射ポートP ₂	53.6dB (27.8dB)	————	0.66dB (0.62dB)
出射ポートP ₃	81.3dB (57.1dB)	57.1dB (28.4dB)	————

【0021】図4は本発明に係る3ポート型光サーキュレータの他の実施例を示す説明図である。基本的な構成は、光アイソレータユニットの内部構造を除けば、図1に示す実施例と同様であってよいので、対応する部分には同一符号を付し、それらについての説明は省略する。この実施例でも、第1のポートP₁と光サーキュレータ本体20の第1の偏光プリズム10との間に第1の光アイソレータユニット42を挿入し、第1の偏光プリズム10と第3のポートP₃との間に第2の光アイソレータユニット44を挿入する。これらの光アイソレータユニット42、44は、楔型複屈折板からなる偏光子30と45度ファラデー回転子32と楔型複屈折板からなる検光子34と偏波分散補償用の平行平板型複屈折板36を、その順序で配列した構造である。順方向に見て、検光子34の後に平行平板型複屈折板36を配列した点で、前記実施例と異なる。なお、平行平板型複屈折板36の光学軸は、検光子34の光学軸に対して、光線方向のまわりに90度回転したものをを用いる。平行平板型複屈折板36も、例えばルチル単結晶であってよい。

【0022】第1のポートP₁からの出射光は、第1の

光アイソレータユニット42を通過し、光サーキュレータ本体20によって第2のポートP₂に結合する。また第2のポートP₂からの出射光は、光サーキュレータ本体20によって第2の光アイソレータユニット44の方向に導かれて、第3のポートP₃に結合する。第2のポートP₂からの出射光の光サーキュレータ本体20での漏れ光成分のうち第1の光アイソレータユニット42に向かう成分は、第1の光アイソレータユニット42が漏れ光成分の通過に対して逆方向に配列されているので、漏れ光が第1のポートP₁に結合することではなく、高アイソレーションが得られる。

【0023】この実施例では、第1のポートP₁からの出射光は、第1の光アイソレータユニット42の偏光子30に入射し、常光と異常光とで異なる屈折を受け、各偏光成分が分離して出射する。ファラデー回転子32にて45度回転した成分は、検光子34に入射し、各偏光は屈折して平行光となって出射する。つまり、偏光子30と検光子34にて常光と異常光とは異なる屈折を受け、異なる光路を辿るため、光路差が生じる。その光路差によって検光子34から出射した常光と異常光とは、

伝搬速度に差が生じる。そこで、検光子34の後に適当な板厚（前記伝搬速度の差に見合った板厚）の平行平板型複屈折板36を設けると、常光は異常光に、異常光は常光になって通過する。その際の伝搬速度の差で、偏光子30と検光子34にて発生する伝搬速度の差を相殺することにより、各偏光の伝搬速度を同一とし偏波分散の無い光サーキュレータが実現できる。

【0024】図5は本発明に係る3ポート型光サーキュレータの更に他の実施例を示す説明図である。基本的な構成は、光アイソレータユニットの配置関係を除けば、図4に示す実施例と同様であってよいので、対応する部分には同一符号を付し、それらについての説明は省略する。この実施例では、第1のポート P_1 と光サーキュレータ本体20の第1の偏光プリズム10との間に光アイソレータユニット42を挿入しており、第1の偏光プリズム10と第3のポート P_3 との間には特に光アイソレータユニットは挿入していない。

【0025】前述のように、第2のポート P_2 からの出射光は、本来、光サーキュレータ本体20によって第3のポート P_3 に結合するのであるが、光サーキュレータ本体20を構成する各光学部品（第2の偏光プリズム12、1/2波長板16、45度ファラデー回転子14、及び第1の偏光プリズム10）で漏れ光成分が生じ、一部が第1のポート P_1 に向かう。しかし挿入されている光アイソレータユニット42は、その漏れ光成分に対して逆方向に配列されているので、光の通過は阻止され第1のポート P_1 には結合せず、そのためアイソレーション特性が大幅に改善される。このアイソレーション特性が最も重要であり、第3のポート P_3 から第2のポート P_2 へのアイソレーションあるいは第3のポート P_3 から第1のポート P_1 へのクロストークは、使用状態によっては（本来、第3のポート P_3 からの出射光は想定されていないので）、さほど大きくする必要が無い場合もある。そのような場合に、光アイソレータユニットが1個で済む本実施例は有効である。

【0026】図6は本発明に係る3ポート型光サーキュレータの更に他の実施例を示す説明図である。基本的な構成は、光サーキュレータ本体の内部構造を除けば、図4に示す実施例と同様であってよいので、対応する部分には同一符号を付し、それらについての説明は省略する。光サーキュレータ本体50の第1の偏光プリズム60と第2の偏光プリズム62は、偏光分離膜aを介して2個の平行四辺形プリズムを接合し、前記偏光分離膜aと平行に反射膜bを設けた構造である。それら第1の偏光プリズム60と第2の偏光プリズム62の間に、45度ファラデー回転子14と1/2波長板16を配置する。この実施例でも、第1のポート P_1 と光サーキュレータ本体50の第1の偏光プリズム60との間に第1の光アイソレータユニット42を挿入し、第1の偏光プリズム60と第3のポート P_3 との間に第2の光アイソレ

ータユニット44を挿入する。これらの光アイソレータユニット42、44は、楔型複屈折板からなる偏光子30と45度ファラデー回転子32と楔型複屈折板からなる検光子34と偏波分散補償用の平行平板型複屈折板36を、その順序で配列した構造である。

【0027】第1のポート P_1 からの出射光は、第1の光アイソレータユニット42を通過し、光サーキュレータ本体50によって第2のポート P_2 に結合する。また第2のポート P_2 からの出射光は、光サーキュレータ本体50によって第2の光アイソレータユニット44に導かれて、第3のポート P_3 に結合する。第2のポート P_2 からの出射光の光サーキュレータ本体50での漏れ光成分のうち、第1の光アイソレータユニット42に向かう成分は、第1の光アイソレータユニット42が漏れ光成分の通過に対して逆方向に配列されているので、漏れ光が第1のポート P_1 に結合することなく、高アイソレーションが得られる。

【0028】この実施例のように、2個の平行四辺形プリズムを組み合わせた偏光プリズムを用いると、第1のポート P_1 と第3のポート P_3 を並べ、それらに第2のポート P_2 を向かい合わせた並列対向型光サーキュレータが構成できる。これは光ファイバを纏めて両側に引き出せるため、光ファイバの取りまわしが容易となり、装置の小型化、あるいは細径化に有効である。

【0029】

【発明の効果】本発明は、出射専用の第1のポートと光サーキュレータ本体の第1の偏光プリズムとの間に、楔型複屈折板からなる偏光子と検光子を用いた光アイソレータユニットを挿入したことにより、光サーキュレータ本体の各偏光プリズムの消光比が低くても、光サーキュレータ全体としてのアイソレーションを従来技術の倍近くまで高めることができる。また、光サーキュレータ本体の第1の偏光プリズムと入射専用の第3のポートとの間にも、楔型複屈折板からなる偏光子と検光子を用いた光アイソレータユニットを挿入すると、更に不要なクロストークも低減できる。

【0030】光アイソレータユニットに平行平板型複屈折板を組み込むと、偏波分散の無い光サーキュレータが得られる。光サーキュレータ本体の偏光プリズムとして、2個の平行四辺形プリズムの間に偏光分離膜を介在させたものを用いると、並列対向型とすることができ、光ファイバの取りまわしが容易になり、小型化、細径化できる利点が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る3ポート型光サーキュレータの一実施例を示す説明図。

【図2】その第1のポート P_1 から第2のポート P_2 へ、第2のポート P_2 から第3のポート P_3 への伝送を示す説明図。

【図3】その第2のポート P_2 から第1のポート P_1 へ

の高アイソレーションを示す説明図。

【図4】本発明に係る3ポート型光サーキュレータの他の実施例を示す説明図。

【図5】本発明に係る3ポート型光サーキュレータの更に他の実施例を示す説明図。

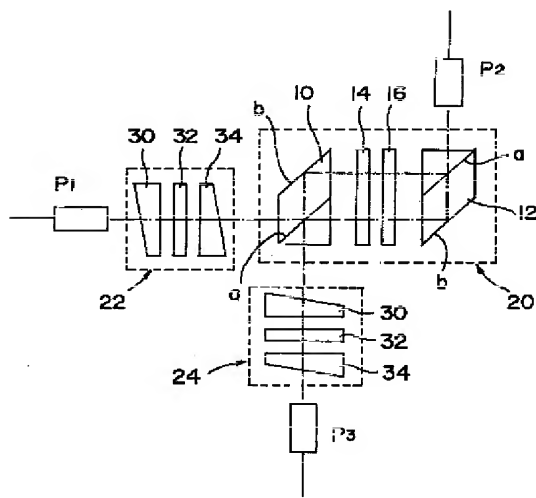
【図6】本発明に係る3ポート型光サーキュレータの更に他の実施例を示す説明図。

【図7】従来の3ポート型光サーキュレータの一例を示す説明図。

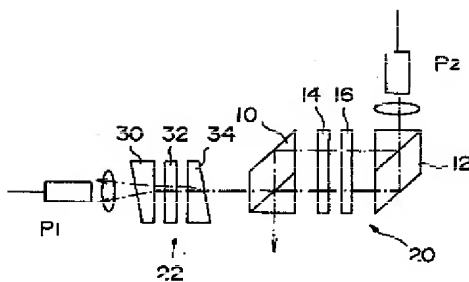
【符号の説明】

- 10 第1の偏光プリズム
- 12 第2の偏光プリズム
- 14 45度ファラデー回転子
- 16 1/2波長板
- 20 光サーキュレータ本体
- 22 第1の光アイソレータユニット
- 24 第2の光アイソレータユニット
- 30 偏光子
- 32 45度ファラデー回転子
- 34 検光子

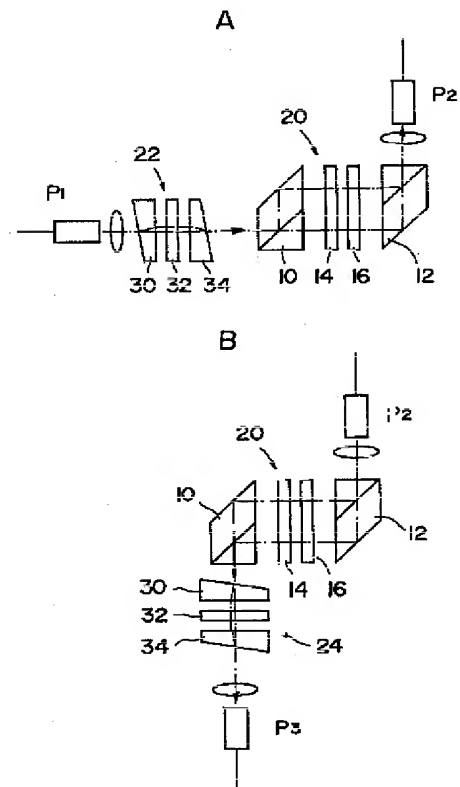
【図1】



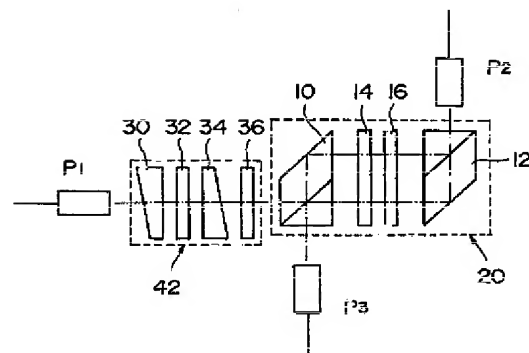
【図3】



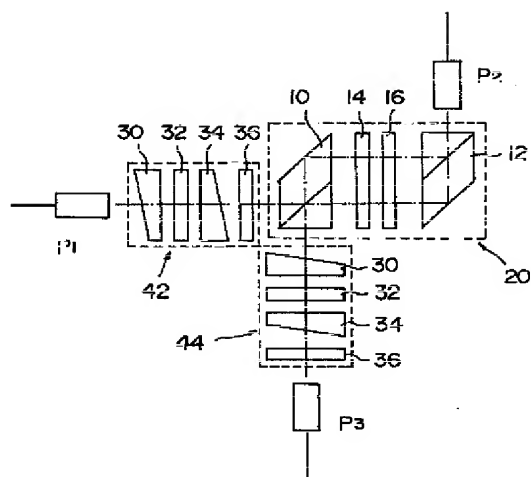
【図2】



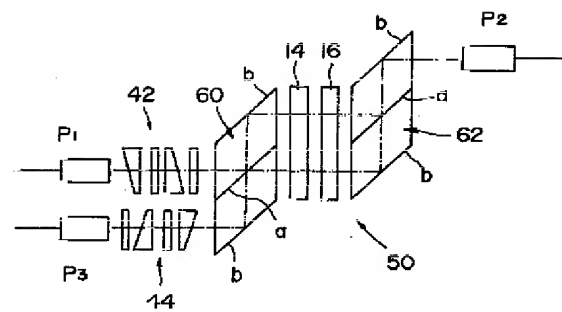
【図5】



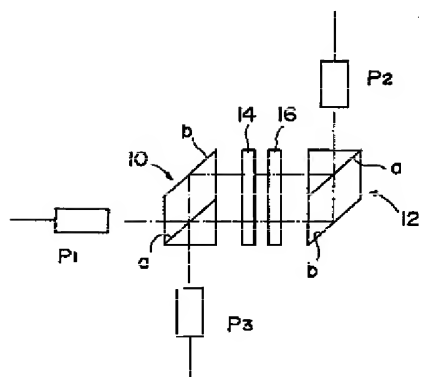
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 徳増 次雄
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内

(72)発明者 鈴木 洋一
東京都港区新橋5丁目36番11号 富士電気
化学株式会社内